

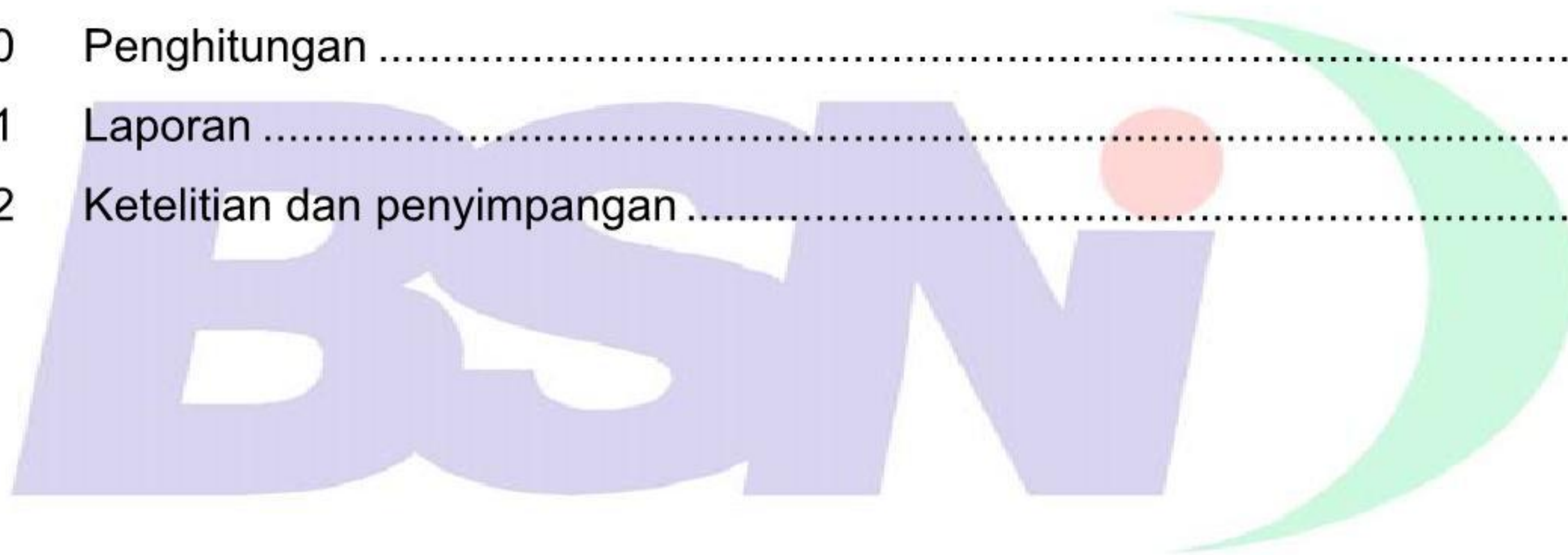
## Cara uji tarik material logam pada temperatur tinggi





## Daftar isi

Daftar isi.....	i
Prakata .....	ii
1 Ruang lingkup .....	1
2 Acuan normatif .....	1
3 Istilah dan definisi .....	2
4 Signifikan dan kegunaan .....	3
5 Peralatan .....	3
6 Pengambilan sampel.....	7
7 Sampel dan benda uji.....	8
8 Kalibrasi dan standardisasi .....	10
9 Prosedur .....	10
10 Penghitungan .....	15
11 Laporan .....	16
12 Ketelitian dan penyimpangan .....	17





## **Prakata**

Standar Nasional Indonesia (SNI), *Cara uji tarik material logam pada temperatur tinggi* diadopsi dari ASTM E 21-92, *Standard test methods for elevated temperature tension tests of metallic materials*.

Cara uji ini berguna untuk menentukan kuat tarik, kuat luluh, elongasi dan penyusutan luas penampang untuk material logam pada temperatur tinggi.

Bila ada keraguan dalam standar ini disarankan mengacu pada ASTM E 21-92, *Standard test methods for elevated temperature tension tests of metallic materials*.





## Cara uji tarik material logam pada temperatur tinggi

### 1 Ruang lingkup

**1.1** Cara uji ini mencakup prosedur dan peralatan untuk menentukan kuat tarik, kual luluh, elongasi, dan penyusutan luas penampang untuk material logam pada temperatur tinggi.

**1.2** Penentuan modulus elastisitas dan batas proporsional tidak termasuk dalam cara uji ini. Cara penentuan modulus elastisitas statis pada temperatur tinggi tercakup pada ASTM E 231, *Methods for static determination of young's modulus of metals at low and elevated temperatures*.

**1.3** Uji tarik pada kondisi laju pemanasan cepat atau laju regangan tinggi tidak tercakup. Petunjuk pelaksanaan cara uji ini tercakup pada ASTM E 151, *Practice for tension test of metallic materials at elevated temperatures with rapid heating and conventional or rapid strain rates*.

**1.4** Standar ini tidak dimaksudkan untuk semua masalah keselamatan yang berhubungan dengan penggunaannya. Pengguna standar ini bertanggung jawab mengkonsultasikan untuk menjaga keselamatan, kesehatan dan menentukan batasan penggunaan sebelum pemakaian.

### 2 Acuan normatif

ASTM E 21, *Standard test methods for elevated temperature tension tests of metallic materials*.

ASTM E 29, *Practice for using significant digits in test data to determine conformance with specification*.

ASTM E 83, *Practice for verification and classification of extensometers*.

ASTM E 151, *Practice for tension test of metallic materials at elevated temperatures with rapid heating and conventional or rapid strain rates*.

ASTM E 177, *Practice for use of the term precision and penyimpangan in ASTM standards*.

ASTM E 220, *Methods for calibration of thermocouples by comparison techniques*.

ASTM E 231, *Methods for static determination of young's modulus of metals at low and elevated temperatures*.

ASTM E 691, *Practice for conducting an inter laboratory study to determine the precision of a test methods*.

SNI 07-1340-1989, *Cara uji tarik logam*.



SNI 19-3385-1994, *Definisi istilah yang berhubungan dengan cara uji mekanis.*

SNI 19-4004-1996, *Verifikasi mesin uji tarik statis satu sumbu.*

### 3 Istilah dan definisi

Definisi dari istilah-istilah yang berhubungan dengan uji tarik pada SNI 19-3385-1994, *Definisi istilah yang berhubungan dengan cara uji mekanis*, seharusnya digunakan pada cara uji ini.

#### 3.1

##### **bagian mengecil benda uji**

bagian tengah dengan luas penampang lebih kecil dari kedua ujung yang dicekam. Toleransi dari luas penampang yang seragam dijelaskan pada butir 7.7

#### 3.2

##### **panjang bagian mengecil**

jarak antara titik singgung *fillet* dengan bagian mengecil benda uji

#### 3.3

##### **panjang yang dapat diatur dari bagian benda uji yang mengecil**

adalah lebih panjang dari bagian yang mengecil yang bertujuan sebagai kompensasi regangan pada daerah *fillet* (lihat 9.2.3)

#### 3.4

##### **panjang ukur**

jarak awal antara tanda ukur benda uji yang digunakan untuk menentukan elongasi

#### 3.5

##### **regangan aksial**

regangan rata-rata yang diukur pada sisi-sisi berlawanan dan berjarak sama terhadap sumbu benda uji

#### 3.6

##### **regangan lengkung**

perbedaan antara regangan pada permukaan benda uji dan regangan aksial. Pada umumnya regangan tersebut bervariasi dari titik ke titik sekeliling dan sepanjang bagian mengecil benda uji

#### 3.7

##### **regangan lengkung maksimum**

nilai regangan lengkung terbesar pada bagian mengecil benda uji. Regangan ini dapat dihitung dari ukuran regangan pada tiga posisi keliling, masing-masing pada dua posisi longitudinal yang berbeda.



#### 4 Signifikan dan kegunaan

Uji tarik pada temperatur tinggi berguna untuk memperkirakan kemampuan material menahan beban tarik statis dalam waktu singkat. Dengan menggunakan hubungan konvensional dan telah terbukti kebenarannya, selama masih dalam tegangan sederhana dapat memberikan beberapa petunjuk perilaku seperti tegangan tekan, geser, dan lain-lain. Nilai keuletan memberikan ukuran perbandingan kemampuan material yang berbeda yang mengalami deformasi lokal tanpa proses retak dan selanjutnya mengalami konsentrasi tegangan lokal. Namun demikian, pada umumnya hubungan kuantitatif antara keuletan tarik dan pengaruh konsentrasi tegangan pada temperatur tinggi tidak berlaku secara umum. Hubungan komparasi yang serupa berlaku antara keuletan tarik dan regangan yang terkontrol, umur lelah siklus rendah pada kondisi tegangan sederhana. Hasil uji tarik ini hanya merupakan ukuran komparasi dari kekuatan dan keuletan yang diragukan kebenarannya untuk pemakaian ribuan jam. Oleh karena itu kegunaan utama uji tarik pada temperatur tinggi ini adalah untuk memastikan bahwa material yang diuji serupa dengan material acuan ketika ukuran yang lain seperti, komposisi kimia dan struktur-mikro juga menunjukkan bahwa dua material ini serupa.

#### 5 Peralatan

##### 5.1 Mesin uji

**5.1.1** Ketelitian mesin uji seharusnya berada dalam variasi yang diijinkan sebagaimana ditentukan pada SNI 19-4004-1996, *Verifikasi mesin uji tarik statis satu sumbu*.

**5.1.2** Beban yang diberikan pada benda uji sebaiknya selurus mungkin. Aksialitas sulit diperoleh terutama jika batang tarik dan benda ekstensometer melewati paking (*packing*) ujung-ujung tungku pemanas. Namun demikian, mesin uji dan pencekam sebaiknya mampu memberikan beban pada benda uji sedemikian rupa sehingga regangan lengkung maksimum tidak lebih dari 10% dari regangan aksial, ketika perhitungan didasarkan pada pembacaan regangan pada beban nol dan beban terendah dalam keadaan mesin uji masih berkualifikasi.

**CATATAN** Tujuan persyaratan ini untuk membatasi kontribusi maksimum pelengkungan dari mesin penguji yang digunakan selama pengujian. Meskipun dengan mesin uji yang berkualifikasi pengujian yang berbeda mungkin mempunyai persen regangan lengkung yang sangat berbeda yang disebabkan perubahan orientasi dari benda uji yang kendor, kurang simetri untuk benda uji khusus, gaya lateral dari paking tungku, kawat termokopel, dan lain-lain. Bukti yang ada sampai saat ini menunjukkan bahwa regangan lengkung tidak berpengaruh pada hasil uji, kecuali pada kasus khusus mempersyaratkan pengukuran kuantitas regangan lengkung dari masing-masing benda uji yang diuji.

**5.1.2.1** Untuk pengujian material getas, regangan lengkung 10 % mungkin mengakibatkan



kekuatan lebih rendah dari yang diperoleh dengan aksialitas yang lebih baik. Dalam hal ini, pengukuran regangan lengkung benda uji yang diuji mungkin diperlukan secara khusus dan nilai regangan yang diijinkan dibatasi hingga nilai yang lebih kecil.

**5.1.2.2** Umumnya peralatan tidak tersedia untuk mengukur regangan lengkung maksimum pada temperatur tinggi. Peralatan uji mungkin perlu diperiksa dengan pengukuran aksialitas yang dilakukan pada temperatur ruang. Bila pengujian aksialitas peralatan dilakukan, bentuk benda uji sebaiknya sama seperti ketika menguji pada temperatur tinggi. Konsentrisitas benda sebaiknya sesempurna mungkin. Hanya regangan elastis sebaiknya terjadi pada bagian mengecil benda uji. Persyaratan ini mungkin mengharuskan penggunaan material yang berbeda dari yang digunakan selama pengujian pada temperatur tinggi.

**5.1.2.3** Pengukuran regangan pada setiap posisi longitudinal mungkin dilakukan dengan menggunakan empat sensor regangan tahanan, dengan jarak yang sama ditempatkan di sekeliling benda uji. Dua posisi longitudinal sebaiknya sejauh mungkin tetapi jarak ke *fillet* minimal satu kali diameter benda uji.

**5.1.2.4** Untuk benda uji yang berpenampang segi empat, pengukuran regangan mungkin dilakukan di tengah keempat sisinya, bila benda uji berbentuk strip tipis, mendekati tepi terluar dari setiap dua sisi yang lebar.

**5.1.2.5** Untuk mengurangi pengaruh penyimpangan benda uji, pemeriksaan aksialitas sebaiknya diulang dengan cara memutar benda uji sebesar  $180^\circ$ , pencekam dan batang penarik ditahan pada posisi awal. Regangan lengkung maksimum dan regangan pada sumbu benda uji kemudian ditentukan dari rata-rata dua pembacaan posisi yang sama.

**5.1.2.6** Sebelum digunakan untuk pengujian, ukuran aksialitas sebaiknya dilakukan pada temperatur ruang terhadap mesin, batang penarik, dan pencekam. Peralatan pencekam dan benda tarikan mungkin mengalami oksidasi, bengkok dan mulur (*creep*) pada penggunaan berulang pada temperatur tinggi. Penambahan tegangan lengkung mungkin terjadi. Oleh karena itu, aksialitas dari pencekam dan batang penarik sebaiknya diperiksa ulang secara berkala dan bila perlu diperbaiki.

**5.1.3** Mesin uji harus dilengkapi dengan alat ukur dan kontrol laju regangan atau kecepatan pembebanan atau kecepatan bidang lintang (*crosshead*), atau keduanya untuk memenuhi persyaratan butir 9.6.

**5.1.4** Untuk pengujian material yang mudah terpengaruh lingkungan pada temperatur tinggi (seperti oksidasi logam dalam udara), benda uji mungkin ditempatkan dalam kapsul sehingga dapat diuji dalam vakum atau lingkungan gas mulia. Bila peralatan demikian digunakan, koreksi yang diperlukan seharusnya dilakukan untuk memberikan beban yang benar terhadap benda uji. Sebagai contoh, kompensasi harus dilakukan untuk perbedaan



tekanan dalam dan luar kapsul dan untuk variasi beban yang disebabkan gesekan *ring seal*, penyekat fleksibel (*bellows*) atau yang lainnya.

## 5.2 Peralatan pemanas

**5.2.1** Peralatan dan Cara pemanasan benda uji seharusnya dilengkapi pengontrol temperatur untuk memenuhi persyaratan butir 9.4.

**5.2.2** Pemanasan seharusnya dengan tungku radiasi atau tahanan listrik sehingga benda uji dalam kondisi tekanan atmosfer di udara, kecuali kalau media lain secara khusus disetujui.

**CATATAN** Media benda uji mungkin mempunyai pengaruh yang berarti terhadap hasil pengujian. Hal ini benar ketika sifat material dipengaruhi oleh oksidasi atau korosi selama pengujian, namun demikian pengaruh yang lain dapat juga mempengaruhi hasil pengujian.

## 5.3 Peralatan ukur temperatur

**5.3.1** Pengukuran temperatur harus cukup sensitif dan handal untuk menjamin bahwa temperatur benda uji dalam batas yang ditentukan butir 9.4.4.

**5.3.2** Temperatur sebaiknya diukur dengan termokopel yang berhubungan dengan potensiometer atau milivoltmeter.

**CATATAN** Pengukuran yang demikian dapat menimbulkan dua jenis kesalahan. Pertama, kesalahan kalibrasi termokopel dan kesalahan ukuran instrumen, yang menyebabkan awal ketidakpastian temperatur. Kedua, dengan berjalannya waktu mungkin menyebabkan kesalahan termokopel dan alat ukur. Kesalahan yang biasa terjadi dalam penggunaan termokopel untuk mengukur temperatur benda uji adalah: kesalahan kalibrasi, penyimpangan kalibrasi yang disebabkan kontaminasi atau kerusakan selama penggunaan, kesalahan kawat termokopel, kesalahan penempelan pada benda uji, radiasi panas langsung terhadap sambungan ujung termokopel (*bead*), konduksi panas sepanjang kawat termokopel, dan lain-lain.

**5.3.3** Pengukuran temperatur sebaiknya dilakukan dengan termokopel yang terkalibrasi. Termokopel yang representatif sebaiknya dikalibrasi untuk setiap lot kawat yang digunakan untuk material dasar termokopel. Kecuali terekspos untuk temperatur yang relatif, material dasar termokopel menjadi penyebab kesalahan pada penggunaan ulang, kecuali kalau kedalaman rendam dan gradien temperatur dari awal ekspos dilakukan lagi. Sebagai konsekuennya maka kawat termokopel sebaiknya dikalibrasi dengan penggunaan termokopel yang representatif dan termokopel sebenarnya yang digunakan untuk mengukur temperatur benda uji tidak harus dikalibrasi. Kawat termokopel juga sebaiknya tidak digunakan ulang tanpa memotong untuk menghilangkan kawat yang dipakai untuk daerah panas dan pengelasan ulang. Penggunaan ulang material dasar termokopel setelah digunakan untuk temperatur yang relatif rendah tanpa usaha yang disebutkan di atas,



sebaiknya diiringi dengan kalibrasi ulang data yang memperagakan bahwa kalibrasi tidak begitu dipengaruhi oleh kondisi ekspos.

**5.3.3.1** Termokopel logam mulia juga dapat mengalami kesalahan akibat kontaminasi, dan lain-lain, dan sebaiknya dianel secara berkala dan dikalibrasi. Perlu berhati-hati untuk menjaga termokopel dalam keadaan bersih sebelum dan selama penggunaan pada temperatur tinggi.

**5.3.3.2** Pengukuran penyimpangan kalibrasi termokopel selama penggunaan sulit dilakukan. Bila penyimpangan ini menjadi masalah selama pengujian, suatu cara sebaiknya direncanakan untuk memeriksa pembacaan yang dilakukan termokopel pada benda uji selama pengujian. Untuk kalibrasi termokopel yang handal setelah penggunaan, gradien temperatur dari tungku penguji harus dilakukan kalibrasi ulang.

**5.3.4** Ukuran temperatur, pengontrolan, dan instrumen perekam sebaiknya dikalibrasi secara berkala terhadap standar sekunder, seperti potensiometer yang presisi. Kesalahan kabel penghubung sebaiknya diperiksa dengan kabel penghubung yang normal dalam penggunaan.

## **5.4 Sistem ekstensometer**

**5.4.1** ASTM E 83, *Practice for verification and classification of extensometers*, dianjurkan sebagai pedoman untuk memilih ketelitian dan kepekaan yang diinginkan dari ekstensometer. Untuk penentuan kuat luluh offset 0,1% atau yang lebih besar, ekstensometer kelas B-2 mungkin digunakan. Ekstensometer sebaiknya memenuhi persyaratan ASTM E 83, dan sebagai tambahan sebaiknya diuji untuk menjamin ketelitiannya ketika digunakan dengan tungku temperatur tinggi. Pengujian yang demikian adalah untuk mengukur tegangan dan regangan dalam julat elastis pada temperatur tinggi untuk material yang diketahui modulus elastisitasnya. Selama evaluasi sistem ekstensometer sebaiknya dilakukan dengan hati-hati, untuk menghindari kombinasi tegangan dan temperatur yang akan mengakibatkan mulur pada benda uji.

**CATATAN** Jika ekstensometer kelas B-2 atau yang lebih baik ditempelkan pada bagian benda uji yang mengecil, kemiringan kurva tegangan-regangan penyimpangannya akan berada dalam batasan 10% dari modulus elastisitas.

**5.4.2** Pembebanan yang tidak aksial penyimpangannya cukup menyebabkan kesalahan yang berarti pada regangan kecil bila regangan diukur hanya pada satu sisi benda uji. Oleh karena itu, untuk menunjukkan regangan dua sisi yang berlawanan, maka ekstensometer ditempelkan pada kedua sisinya. Regangan yang dilaporkan sebaiknya merupakan rata-rata dari regangan dua sisi, yang dilakukan secara manual atau elektrik atau rata-rata numerik dari dua pembacaan yang terpisah.



**5.4.3** Bila memungkinkan, ekstensometer sebaiknya ditempelkan secara langsung pada bagian benda uji yang mengecil. Bila perlu penempelan lain (dibahas pada butir 9.6.3) boleh dilakukan dengan persetujuan sebelumnya dari pihak yang terkait. Sebagai contoh, pemasangan khusus mungkin perlu pada pengujian material getas di mana kegagalan adalah tepat dimulai pada sisi tajam ekstensometer.

**5.4.4** Untuk menempelkan ekstensometer pada benda uji kecil mungkin tidak bisa dilakukan. Dalam hal ini, jarak antara pencekam atau *crosshead* boleh dicatat dan digunakan untuk menentukan regangan pada kuat luluh *offset* 0,2%. Nilai yang ditentukan demikian adalah kurang teliti dan harus ditandai dengan jelas "kuat luluh kira-kira". Pertambahan panjang yang diamati sebaiknya diatur sebagaimana prosedur yang dijelaskan pada butir 9.6.3 dan 10.1.3.

**5.4.5** Sistem ekstensometer sebaiknya dilengkapi peralatan yang menunjukkan laju regangan.

**CATATAN** Batasan laju regangan pada butir 9.6 adalah sulit untuk dipertahankan secara manual dengan menggunakan alat yang mempunyai *pacemaker* dan tuas. Alat yang membuat tanda *timing* pada tepi rekaman beban-regangan membutuhkan coba-coba (*trial and error*) untuk mengatur kontrol mesin guna memberikan laju tertentu selama luluh. Tanda demikian sangat berguna untuk menentukan laju regangan setelah pengujian. *Pacemaker* yang ada saat ini ditawarkan beberapa manufaktur, prinsip kerjanya seperti tachometer penunjuk. Mesin diatur secara manual untuk menjaga jarum penunjuk dari *pacemaker* stasioner pada angka yang ditetapkan sebelumnya.

## **5.5 Kontrol temperatur ruang**

Kalau ekstensometer diketahui tidak sensitif terhadap perubahan temperatur ruang, julat temperatur ruang sebaiknya tidak lebih dari 6°C ketika ekstensometer ditempelkan. Mesin uji sebaiknya tidak digunakan dalam aliran udara yang berbeda.

## **6 Pengambilan sampel**

**6.1** Kecuali kalau ditentukan lain, prosedur pengambilan contoh ini harus diikuti:

**6.1.1** Sampel material untuk dibuat benda uji harus diambil dari lokasi yang representatif dari lot yang diambil.

**6.1.2** Sampel material harus diambil dari material yang dalam kondisi terakhir (*temper*). Satu pengujian seharusnya dilakukan pada tiap lot.

**6.1.3** Satu lot seharusnya terdiri dari semua material yang sama dalam hal: produksi yang



sama (*bath*), ukuran nominal dan kondisi pengerjaan akhir (*temper*).

## 7 Sampel dan benda uji

**7.1** Ukuran dan bentuk benda uji sebaiknya berdasarkan pada persyaratan guna memperoleh contoh yang representatif dari material yang akan diuji.

**7.2** Orientasi benda uji seharusnya sedemikian rupa sehingga sumbu benda uji paralel dengan arah fabrikasi, dan lokasinya sebagai berikut.

**7.2.1** Pada bagian tengah untuk produk yang memiliki ketebalan atau diameter atau jarak antara sisi-sisi yang sejajar 38 mm atau kurang.

**7.2.2** Tengah antara pusat dan permukaan untuk produk yang memiliki ketebalan atau diameter atau jarak antara sisi-sisi yang sejajar lebih dari 38 mm.

**7.3** Konfigurasi benda uji seperti diuraikan pada SNI 07-1340-1989, *Cara uji tarik logam*, umumnya sesuai untuk pengujian pada temperatur tinggi. Namun demikian, toleransi dimensi yang lebih teliti dianjurkan pada butir 7.6. Bila benda uji khusus digunakan sebaiknya memenuhi persyaratan butir 7.1. Kecuali untuk lembaran dan strip, bila dimensi material mengijinkan, panjang ukur benda uji sebaiknya mempunyai penampang lingkaran. Diameter terbesar benda uji sesuai dengan uraian butir 7.1, sebaiknya digunakan, kecuali diameter lebih kecil dari 12,7 mm. Perbandingan panjang ukur terhadap diameter sebaiknya 4, sebagaimana benda uji standar pada SNI 07-1340-1989, *Cara uji tarik logam*. Jika perbandingan yang berbeda digunakan sebaiknya dicantumkan dalam laporan hasil uji.

**CATATAN** Ukuran benda uji dengan sendirinya mempunyai pengaruh yang kecil terhadap sifat tarik material asalkan tidak terjadi korosi permukaan yang berarti, kurang halus atau pengaruh orientasi. Sejumlah butir yang kecil dalam penampang benda uji atau orientasi butir yang disebabkan oleh fabrikasi mempunyai pengaruh yang nyata terhadap hasil pengujian. Ketika korosi merupakan faktor dalam pengujian, maka ini menjadi fungsi dari ukuran benda uji. Untuk pembuatan benda uji kecil maka preparasi permukaan benda uji menjadi lebih penting, terutama kalau mempengaruhi hasil.

**7.4** Benda uji penampang lingkaran sebaiknya kedua ujungnya diulir, dibuat bahu atau yang lainnya untuk pencekaman sehingga memenuhi persyaratan butir 5.1.2.

**CATATAN** Kelurusan aksial yang baik mungkin diperoleh dengan kedua ujungnya diulir secara presisi. Tetapi pada temperatur di mana oksidasi dan creep mudah terjadi, ulir-ulir yang terpasang rapat sulit untuk dirawat dan dilepaskan setelah pengujian. Pertimbangan yang dapat dilakukan adalah penggunaan ulir yang mudah lepas setelah pengujian. Pencekaman yang mudah lepas lainnya boleh digunakan.



**7.5** Untuk benda uji berpenampang segi empat, beberapa modifikasi dari benda uji standar seperti diuraikan pada SNI 07-1340-1989, *Cara uji tarik logam*, memperbolehkan pemberian beban secara aksial pada benda uji dalam tungku seperti ditentukan pada butir 5.1.2. Jika material cukup tersedia, bahu diperpanjang agar pencekaman dapat dilakukan di luar tungku. Jika panjang benda uji terbatas, beberapa cara pencekaman berikut boleh digunakan.

**7.5.1** Suatu alat memberikan beban melalui pin silindris pada tiap-tiap ujung benda uji yang diperbesar. Lubang pena sebaiknya dengan teliti ditempatkan pada perpanjangan garis tengah daerah ukur. Kelurusan pembebanan yang baik dari pencekam tipe ini telah dibuktikan.

**7.5.2** Pencekam untuk lembaran pada temperatur tinggi yang serupa dengan ini digambarkan pada SNI 07-1340-1989, *Cara uji tarik logam*, dan diuraikan sebagai pencekam yang mengatur dengan sendirinya, telah terbukti memuaskan untuk menguji material lembaran yang tidak dapat diuji dengan baik pada pencekam tipe baji.

**7.5.3** Bahu benda uji dapat diperpanjang dengan dilas atau disolder sehingga perpanjangannya di luar tungku. Bila ini digunakan harus hati-hati, sehingga tercapai kelurusan garis tengah perpanjangan benda uji dengan panjang ukur. Penyolderan atau pengelasan sebaiknya dilakukan dengan alat bantu atau *fixture* untuk menjaga kelurusan bagian-bagian yang disambung. Pemesinan sebaiknya dilakukan setelah penyolderan atau pengelasan.

**7.5.4** Pencekam yang sesuai dengan *fillet* dan memberikan beban terhadap *fillet* pada ujung-ujung bagian yang mengecil.

**7.6** Diameter atau lebar pada ujung-ujung benda uji yang mengecil sebaiknya tidak kurang dari diameter atau lebar pada tengah bagian yang mengecil. Diameter atau lebar pada tengah bagian yang mengecil boleh sedikit lebih kecil dibandingkan dengan ujung-ujungnya. Perbedaan ini sebaiknya tidak lebih dari 0,5% diameter atau lebar. Bila bentuk benda uji ini digunakan untuk menguji material yang getas, kegagalan mungkin terjadi pada *fillet*. Dalam hal ini, tengah bagian yang mengecil mungkin dibuat lebih kecil dengan *taper* secara gradual dari ujung-ujungnya dan pengecualian terhadap persyaratan di atas dicatat dalam laporan. Permukaan benda uji seharusnya halus dan bebas dari *undercut* dan goresan. Sebaiknya hati-hati untuk memperkecil gangguan yang menimbulkan tegangan sisa yang tinggi pada lapisan permukaan akibat pengerjaan dingin atau pengaruh lainnya yang tidak diinginkan. Sumbu bagian yang mengecil sebaiknya lurus dalam batas  $\pm 0,5\%$  dari diameter. Ulir benda uji sebaiknya konsentris dengan sumbu ini dalam toleransi yang sama. Peralatan pencekam yang lainnya sebaiknya mempunyai toleransi yang dapat dibandingkan.

**7.7** Untuk benda uji yang langsung di cor sesuai ukurannya, mungkin tidak mengikuti



diameter, kelurusan dan konsentrisitas yang dijelaskan pada batasan butir 7.6, tetapi setiap persyaratan sebaiknya dipenuhi hingga sedekat mungkin. Jika benda uji tidak memenuhi persyaratan butir 7.6, laporan pengujian sebaiknya mencantumkan kondisi benda uji yang sebenarnya. Besar penyimpangan sebaiknya dilaporkan.

## 8 Kalibrasi dan standardisasi

**8.1** Peralatan berikut sebaiknya terkalibrasi terhadap standar yang mampu telusur ke Kantor Tera Nasional. Cara ASTM yang dapat diterapkan terdaftar di samping peralatan.

Sistem ukuran beban	ASTM E 4
Ekstensorner	ASTM E 83
Termokopel, Potensiometer dan Mikrometer	ASTM E 220

Kelurusan alat pembeban sebaiknya diukur sebagaimana dijelaskan butir 5.1.2.

**8.2** Kalibrasi sebaiknya dilakukan sesuai dengan frekuensi penggunaan alat untuk menjamin kesalahan dalam semua pengujian tidak melebihi variasi yang diijinkan yang terdapat pada cara uji ini. Waktu berkala maksimum antara kalibrasi mesin penguji sebaiknya satu tahun. Instrumen yang konstan atau digunakan hampir terus menerus sebaiknya dikalibrasi lebih sering. Bila digunakan untuk yang luar penyimpangan sebaiknya dikalibrasi setiap sebelum penggunaan.

## 9 Prosedur

### 9.1 Ukuran luas penampang benda uji

Tentukan luas minimum benda uji pada bagian benda uji yang mengecil sebagaimana ditentukan pada SNI 07-1340-1989, Cara *uji tarik logam*, Juga ukur diameter atau lebar terbesar pada bagian mengecil dan bandingkan dengan nilai minimum untuk menentukan apakah persyaratan 7.6 dipenuhi.

### 9.2 Ukuran panjang awal

**9.2.1** Kecuali kalau ditentukan lain, nilai elongasi berdasarkan panjang ukur empat kali diameter (benda uji berpenampang lingkaran) atau empat kali lebar (benda uji berpenampang segi empat), panjang ukur ini dititik atau ditandai pada bagian yang mengecil dari benda uji.

**CATATAN** Nilai elongasi benda uji yang berpenampang segi empat tidak dapat dibandingkan



kecuali kalau semua dimensi termasuk ketebalan adalah sama. Oleh karena itu, spesifikasi elongasi sebaiknya mencakup dimensi penampang benda uji dan panjang ukur. Penggunaan panjang ukur 4,5 kali akar dua luas penampang akan mengkompensasi terhadap variasi ketebalan benda uji tetapi ini tidak menghasilkan nilai elongasi yang sama ketika benda uji untuk material yang sama dimesin dengan ketebalan yang berbeda.

**9.2.2** Ketika menguji logam yang kurang ulet tanda ukur dengan cara dititik atau digores tidak diinginkan sebab kegagalan mungkin terjadi pada goresan ini karena terjadi konsentrasi tegangan. Selanjutnya tempatkan tanda ukur pada bahu atau ukur panjang keseluruhan benda uji. Juga ukur panjang penyelarasan sampai ketelitian 0,2 mm seperti dijelaskan pada butir 9.2.3. Jika elongasi ditentukan dari panjang ukur lain dari yang ditentukan butir 9.2.1 maka panjang ukur ini dicatat pada laporan pengujian. Bila pengujian diterima, penyimpangan dari butir 9.2.1 harus disetujui sebelum pengujian.

**9.2.3** Ketika ekstensometer dipasang pada bahu benda uji, panjang penyelarasan diukur antara titik dua fillet di mana diameter atau lebarnya adalah 1,05 kali diameter atau lebar bagian mengecil benda uji. Laju regangan dan kuat luluh offset dihitung berdasarkan dimensi ini (lihat 9.6.3; 10.1.2 dan 10.3).

**CATATAN** Pada daerah luluh, secara pendekatan tegangan diperkirakan proporsional dengan regangan *offset* yang penyimpangannya antara 0% sampai dengan 0,2 %. Untuk benda uji bundar, panjang penyelarasan dan radius *fillet* 0,5 - 1 kali diameter bagian yang mengecil mengakibatkan kesalahan kuat luluh kurang dari 0,5% dalam julat eksponen ini.

### 9.3 Pembersihan benda uji

Bersihkan dengan hati-hati bagian benda uji yang mengecil dan pegangan yang berhubungan dengan pencekam dalam alkohol bersih, acetone atau pelarut yang tepat lainnya yang tidak mempengaruhi logam yang diuji.

### 9.4 Pengontrolan temperatur

**9.4.1** Bentuklah *bead* termokopel sesuai dengan "*Preparation of Termocouple Measurement Junctions*", yang diperlihatkan pada *Annual Book of ASTM Standard Volume 03.04*, 1975.

**9.4.2** Dalam pemasangan termokopel pada benda uji, *junction* harus dijaga dalam kondisi kontak yang baik dengan benda uji dan dilindungi dari radiasi. Perlindungan boleh tidak dilakukan untuk tungku dan temperatur uji tertentu, jika perbedaan temperatur uji terukur dari *bead* yang tidak terlindungi dan *bead* yang dimasukkan dalam lubang benda uji kurang dari 1/2 variasi yang terdapat pada 9.4.4. *Bead* sebaiknya sekecil mungkin dan sebaiknya tidak ada hubungan pendek (seperti dapat terjadi dari kawat yang terpinil dekat *bead*). Material isolasi dari keramik sebaiknya digunakan pada termokopel pada daerah panas. Jika beberapa material isolasi elektrik digunakan pada daerah panas, sebaiknya diperiksa untuk



menentukan apakah sifat material isolasi listrik tetap terjaga pada temperatur yang lebih tinggi.

**9.4.3** Bila panjang bagian mengecil benda uji 25 mm atau lebih, minimal dua termokopel dipasang pada benda uji, salah satu dekat, dengan ujung bagian yang mengecil. Untuk panjang 50 mm atau lebih tambahkan termokopel ketiga di tengah panjangnya.

**9.4.4** Untuk durasi pengujian tertentu tidak diperbolehkan perbedaan antara temperatur terukur dan temperatur uji nominal melebihi batasan berikut.

hingga 1000°C                       $\pm 3^{\circ}\text{C}$

lebih dari 1000°C                       $\pm 6^{\circ}\text{C}$

Ketika pengujian pada temperatur beberapa ratus derajat, pemanasan internal yang disebabkan pengerjaan plastis mungkin menaikkan temperatur benda uji di atas batas yang ditentukan. Dalam hal ini, termasuk temperatur pada gaya maksimum dan penyebab terlampauinya batas temperatur dilaporkan.

**9.4.5** Istilah temperatur terukur berarti temperatur yang ditunjukkan oleh alat ukur temperatur yang menggunakan pelaksanaan pirometrik yang berkualitas baik.

**CATATAN** Telah diketahui bahwa temperatur sebenarnya mungkin berbeda dari temperatur terukur. Variasi temperatur terukur yang diijinkan pada butir 9.4.4 bukan untuk ditafsirkan memperkecil pentingnya pelaksanaan pirometrik yang baik dan pengawasan temperatur yang presisi. Semua laboratorium sebaiknya menjaga variasi temperatur ini sekecil mungkin. Juga telah diketahui ketergantungan yang besar dari kekuatan material terhadap temperatur, oleh karena itu pengontrolan temperatur diperlukan.

**9.4.6** Temperatur yang melampaui selama pemanasan sebaiknya tidak melebihi batasan di atas. Karakteristik pemanasan tungku dan sistem pengawasan temperatur sebaiknya dipelajari untuk menentukan catu daya, *set point* temperatur, setelan pengaturan proporsional, dan penempatan *termocouple control* yang diperlukan untuk membatasi temperatur transien. Perlu untuk menstabilkan tungku pada temperatur 6°C - 30°C di bawah temperatur uji nominal sebelum melakukan pengaturan akhir. Besar dan lama temperatur transien dilaporkan.

**9.4.7** Waktu tahan temperatur sebelum pengujian dilakukan sebaiknya ditentukan untuk menjamin bahwa benda uji telah mencapai keseimbangan dan temperatur dapat dijaga dalam batas yang ditentukan butir 9.4.4. Kecuali ditentukan lain, waktu tahan ini sebaiknya minimal 20 menit. Waktu untuk mencapai temperatur uji dan waktu tahan pada temperatur uji sebelum pembebanan dilaporkan.

## **9.5 Pemasangan benda uji pada mesin**

Lakukan dengan hati-hati supaya tidak menimbulkan beban yang bukan aksial ketika pemasangan benda uji. Sebagai contoh, sambungan berulir sebaiknya tidak diputar sampai



ujung ulir terbawah. Jika sambungan ulir kendor, berikan beban kecil pada benda uji dan secara manual gerakkan dalam arah melintang sampai beban kecil tertahan pada nilai minimum sebelum pengujian. Jika paking digunakan untuk penyekat tungku, harus tidak terlalu kencang sehingga lengan ekstensometer atau benda tarikan dapat dilepas atau pergerakan terhalangi.

## 9.6 Pengukuran regangan dan laju regangan

**9.6.1** Sifat tarik material yang diuji pada temperatur tinggi, pada umumnya dipengaruhi oleh laju deformasi. Oleh karena itu sangat penting laju deformasi ini dikontrol dan dilaporkan.

**9.6.1.1** Selama penentuan kuat luluh, laju regangan pada bagian paralel benda uji dijaga ( $0,005 \pm 0,002$ ) per menit. Setelah kuat luluh tercapai, laju pengujian ditambah menjadi ( $0,05 \pm 0,01$ ) kali panjang penyelarasan dari benda uji, per menit.

**9.6.1.2** Jika kuat luluh tercapai sedangkan kecepatan *crosshead* yang tersisa konstan dalam toleransi di atas, ekstensometer dan indikator laju regangan boleh digunakan untuk mengatur laju regangan ( $0,05 \pm 0,01$ ) per menit. Untuk mencegah dari kerusakan, elemen sensor ekstensometer boleh dilepas sebelum beban maksimum tercapai.

**CATATAN** Sekalipun dengan kecepatan *crosshead* konstan, laju regangan pada benda uji mungkin masih bervariasi. Sebelum beban maksimum, ini akan lebih kecil dari laju nominal yang disebabkan elastisitas mesin dan pencekam dan elongasi progresif benda uji. Setelah beban maksimum, laju regangan ini akan lebih besar dari pada laju nominal yang disebabkan regangan yang tidak seragam selama pengecilan setempat benda uji. Data eksperimen yang ada tidak dibenarkan menambahkan kegiatan demi menjaga laju regangan setelah tahapan luluh.

**9.6.2** Ketika penentuan kuat luluh tidak diinginkan, ekstensometer tidak perlu digunakan. Alat pengatur kecepatan langkah (*pacing*) sebaiknya digunakan untuk menjaga laju pergerakan *crosshead* pada ( $0,05 \pm 0,01$ ) kali panjang penyelarasan dari benda uji, per menit.

**9.6.3** Ketika penentuan kuat luluh diinginkan, pengamatan beban dan pertambahan panjang selama pembebanan dan selama luluh diperlukan. Tiga pernyataan berikut dapat diterima:

**9.6.3.1** Untuk benda uji ukuran normal dan ulet, pasang satu ekstensometer pada bagian benda uji yang mengecil.

**9.6.3.2** Bila material kurang ulet diuji, pasang ekstensometer pada bahu-bahu benda uji.

**9.6.3.3** Untuk benda uji kecil, ukur sambungan atau jarak *crosshead* untuk menentukan kuat luluh kira-kira.

**9.6.4** Bila ekstensometer dipasang pada bagian benda uji yang mengecil, penunjuk laju



regangan sebaiknya digunakan untuk menjaga laju ( $0,005 \pm 0,002$ ) per menit selama julat luluh. Laju regangan yang lebih kecil diijinkan pada beban dalam julat elastis.

**CATATAN** Dengan mesin uji konvensional, laju regangan sering tidak dapat dikontrol dengan baik jika material mengalami luluh secara mendadak. Dalam hal ini, pengontrolan kecepatan sebaiknya sesuai laju dari pengalaman, akan menghasilkan laju regangan tertentu pada beban yang sesuai dengan tegangan luluh. Pengontrolan kecepatan ini penyimpangannya pada laju regangan yang dihasilkan dari laju pergerakan *crosshead* sebesar 0,005 kali panjang penyelarasan, per menit.

**9.6.5** Jika ekstensometer ditempelkan pada bahu benda uji, panjang penyelarasan digunakan untuk menghitung *setting* penunjuk laju regangan atau pengatur kecepatan langkah (*pacemaker*) selama luluh. Jika tidak demikian prosedur di atas digunakan.

**9.6.6** Jika ukuran yang tersedia untuk pembuatan benda uji yang diameternya lebih kecil dari 6,25 mm, kuat luluh *offset* 0,2% mungkin ditentukan dari grafik jarak sambungan atau jarak *crosshead*. Untuk mengatur pertamamaterial panjang yang terjadi di luar bagian yang mengecil, dua benda uji harus diuji, yang satu adalah benda uji dengan bagian yang mengecil standar dan yang lainnya adalah benda uji yang diperpendek dengan ujung-ujung pencekam dan bahu yang serupa, tetapi tanpa *fillet* dan tanpa bagian yang mengecil. Benda uji yang diperpendek hanya dibebani sampai beban luluh dari pengujian yang pertama (lihat 10.1.3).

**9.6.7** Untuk mengikuti regangan elastis pada bagian-bagian mesin, benda tarikan dan pencekam, atur laju pergerakan *crosshead* selama luluh pada batas julat yang dianjurkan sebesar 0,007 kali panjang penyelarasan, per menit atau lebih tinggi sedikit. Pada regangan yang melebihi regangan yang sesuai dengan kuat luluh material yang diuji, terapkan cara 9.6.2.

## **9.7 Perekaman beban maksimum**

Jika perekam autografik dari beban dan pertambahan panjang digunakan, lanjutkan perekaman beban setelah ekstensometer dilepas. Dalam kasus ini amati dan catat beban maksimum.

## **9.8 Pengukuran benda uji setelah pengujian**

**9.8.1** Untuk mengukur elongasi, cocokkan kedua ujung patahan benda uji dan ukur jarak antara tanda ukur atau panjang keseluruhan sampai ketelitian 0,2 mm pada temperatur ruang.

**9.8.2** Jika lokasi patah terjadi di luar bagian tengah benda uji yang mengecil, nilai elongasi yang ditentukan mungkin tidak representatif. Pengujian diterima jika elongasi memenuhi persyaratan minimum, pengujian lanjutan tidak diperlukan, tetapi bila elongasi lebih kecil dari



nilai minimum, pengujian dianggap tidak ada dan pengujian ulang dilakukan.

**9.8.3** Untuk mengukur penyusutan luas benda uji yang berpenampang bundar, sambungkan ujung-ujung benda uji yang patah bersama-sama dengan hati-hati dan ukurlah diameter minimum hingga ketelitian 0,02 mm pada temperatur ruang. Jika penampang patahan tidak bundar, buatlah ukuran yang memadai untuk menentukan luas patahan. Jika patahan terjadi pada fillet atau tanda ukur, penyusutan mungkin tidak representatif untuk material tersebut. Dalam hal pengujian diterima, jika penyusutan luas memenuhi minimum tertentu, pengujian lanjutan tidak disyaratkan, tetapi jika penyusutan luas kurang dari minimum tertentu, hasil pengujian boleh dibuang dan pengujian ulang dilakukan.

## 10 Penghitungan

### 10.1 Kuat luluh

**10.1.1** Kecuali kalau ditentukan lain, kuat luluh offset 0,2% dilaporkan seperti dijelaskan pada SNI 07-1340-1989, *Cara uji tarik logam*.

**CATATAN** Pengukuran yang teliti dari batas proporsional dan kuat luluh *offset* 0,02% atau lebih kecil pada temperatur tinggi adalah sangat sulit. Bahkan sekalipun ekstensometer mempunyai ketelitian dan kepekaan yang diinginkan selama kalibrasi pada temperatur ruang, tidak menjamin bahwa ukuran regangan selama pengujian tarik pada temperatur tinggi mempunyai ketelitian yang sama. Temperatur tinggi pada titik penempelan dan benda ekstensometer yang menembus paking tungku mungkin akan memperkecil ketelitian yang berarti. Oleh karena itu, penentuan batas proporsional dan kuat luluh offset 0,02% atau lebih kecil tidak dianjurkan.

**10.1.2** Jika ekstensometer harus dipasang pada bahu benda uji, tentukan pertambahan panjang *offset* berdasarkan pada panjang penyelarasan, pertambahan panjang offset 0,002 kali panjang penyelarasan untuk kuat luluh offset 0,2% dan yang sesuai untuk kuat luluh lainnya.

**10.1.3** Jika sambungan atau jarak *crosshead* direkam, aturlah pertambahan panjang yang diamati dengan dua langkah berikut ini. Pertama, untuk mengkompensasi elastisitas mesin, distorsi pencekam dan regangan bahu, kurangi pertambahan panjang dari benda uji standar dengan pertambahan panjang dari benda uji yang diperpendek pada beban yang sesuai. Kedua, perlakukan data-data regangan dengan cara 10.1.2. Laporkan kuat luluh hanya dengan *offset* 0,2% atau lebih besar dan beri label "kuat luluh kira-kira".

### 10.2 Kuat tarik

Kuat tarik dihitung dengan membagi beban maksimum (selama pengujian sebelum patah) dengan luas penampang awal minimum dari bagian benda uji yang mengecil.

### 10.3 Elongasi



**10.3.1** Ketika panjang ukur ditandai pada bagian yang mengecil dari benda uji yang mempunyai penampang seragam nominal, elongasi sama dengan panjang ukur setelah patah dikurangi panjang ukur awal, perbedaan ini dinyatakan dengan persentase dari panjang ukur awal. Jika panjang ukur mencakup *fillet*, bahu, ulir, dan lain-lain, perubahan panjang ukur dinyatakan sebagai persentase dari panjang penyelarasan.

**10.3.2** Cara yang kadang-kadang dapat digunakan ketika perekaman autografik dari regangan dilakukan sampai terjadinya patah, adalah untuk membaca elongasi selama *offset* regangan dari awal, linier dan garis pembebanan. Cara ini dapat berguna bila material sangat rendah keuletannya. Karena regangan ini lebih rendah dari yang diukur pada benda uji yang telah patah, cara pengukuran ini sebaiknya dinyatakan bersama dengan hasilnya.

#### 10.4 Penyusutan luas penampang

Penyusutan luas adalah sama dengan luas penampang minimum dari bagian benda uji yang mengecil sebelum diuji dikurangi luas penampang setelah diuji, perbedaan ini dinyatakan dengan persentase dari luas penampang sebelum diuji. Penyusutan luas hanya dilaporkan untuk benda uji berpenampang lingkaran.

#### 10.5 Pembulatan

Kecuali kalau ditentukan lain, untuk tujuan menentukan yang sesuai dengan batasan yang ditentukan, nilai yang dihitung atau yang diamati seharusnya dibulatkan seperti ditunjukkan Tabel 1 di bawah ini, sesuai dengan ASTM E 29, *Practice for using significant digits in test data to determine conformance with specification*:

**Tabel 1 Pembulatan**

Sifat yang diukur	Satuan yang dibulatkan dari nilai yang diukur atau diamat
Kuat tarik atau kuat luluh	Pembulatan 500 psi (3,45 MPa)
Elongasi atau penyusutan luas	Pembulatan 0,5 %

### 11 Laporan

Laporan seharusnya mencakup berikut ini.

- uraian material yang diuji, termasuk cara manufaktur, tipe dan ukuran produk, dan informasi proses lainnya yang berhubungan, perlakuan panas, struktur-mikro, dan komposisi kimia;
- ukuran benda uji, termasuk dimensi penampang, radius *fillet*, panjang bagian yang



- mengecil, panjang penyelarasan, tipe sambungan ujung, dan apakah dimesin, dimesin sebagian atau di cor;
- c temperatur uji;
  - d laju regangan selama luluh dan laju regangan setelah luluh;
  - e kuat luluh (jika diinginkan) dan titik luluh dari beban menurun sesaat jika luluh yang demikian terjadi:
    - ketika satu atau lebih dari nilai kuat luluh diinginkan, kuantitas offset sebaiknya ditunjukkan dengan nilai numeric;
    - jika ekstensometer dipasang pada bahu benda uji, keadaan ini sebaiknya dicantumkan pada catatan kaki untuk nilai ini;
    - jika ekstensometer tidak dipasang secara langsung pada benda uji, nilai kuat luluh sebaiknya ditulis sebagai "kuat luluh kira-kira (offset = 0,2%)".
  - f kuat tarik;
  - g elongasi dan panjang ukur;
 

Jika elongasi diukur dari tanda ukur yang bukan pada bagian mengecil, keadaan ini sebaiknya dicakup dalam penandaan, seperti "elongasi dari ukuran bahu" atau "elongasi dari ukuran panjang keseluruhan". Jika elongasi diukur dari rekaman ekstensometer sebagai pengganti elongasi setelah patah, ini sebaiknya dicatat.
  - h penyusutan luas untuk benda uji berbentuk lingkaran;
  - i waktu mencapai temperatur uji dan waktu tahan temperatur sebelum pengujian;
  - j kondisi khusus lainnya, seperti atmosfer yang tidak standar dan cara pemanasan, pengecualian dari ketelitian ukuran yang diinginkan dan aksialitas pembebanan, besar dan waktu temperatur transien;
  - k lokasi dan uraian patahan;
 

Uraian sebaiknya meliputi cacat, bukti korosi, dan tipe patahan (seperti cekung dan konus, getas, geser).
  - l identifikasi peralatan yang digunakan termasuk merek dan kapasitas mesin uji, merek dan kelas ekstensometer, merek dan ukuran tungku, tipe pengontrol temperatur, dan uraian termokopel mencakup material, ukuran kawat, pemasangan, teknik dan pelindung.
  - m nama penguji dan tanggal pengujian.

## 12 Ketelitian dan penyimpangan

### 12.1 Ketelitian

Suatu program pengujian antar laboratorium memberikan nilai koefisien variasi untuk sifat tarik yang diukur pada umumnya, sebagai berikut.



**Tabel 2 Tetapan variasi, % sifat tarik pada temperatur 315°C**

	<b>Kuat tarik</b>	<b>Kuat luluh offset = 0,2%</b>	<b>Elongasi pada panjang ukur = 4 kali diameter</b>	<b>Penyusutan luas</b>
CV % <sub>r</sub>	1,0	3,0	3,8	4,6
CV % <sub>R</sub>	1,4	5,1	8,2	4,9
Keterangan: CV % <sub>r</sub> Tetapan variasi mampu ulang (%) dalam suatu laboratorium CV % <sub>R</sub> Tetapan variasi mampu ulang (%) antar laboratorium				

**Tabel 3 Tetapan variasi, % sifat tarik pada temperatur 600°C**

	<b>Kuat tarik</b>	<b>Kuat luluh offset = 0,2%</b>	<b>Elongasi pada panjang ukur = 4 kali diameter</b>	<b>Penyusutan luas</b>
CV % <sub>r</sub>	1,7	4,0	3,1	2,2
CV % <sub>R</sub>	4,4	4,4	11,1	4,5
Keterangan: CV % <sub>r</sub> Tetapan variasi mampu ulang (%) dalam suatu laboratorium CV % <sub>R</sub> Tetapan variasi mampu ulang (%) antar laboratorium				

Nilai yang ditunjukkan pada tabel 2 dan tabel 3 adalah rata-rata dari pengujian empat material yang sering kali diuji pada dua temperatur uji, dipilih untuk mencakup terbanyak dari julat normal untuk tiap-tiap sifat yang ditulis di atas. Ketika material ini dibandingkan, perbedaan besar dalam tetapan variasi ditemukan. Oleh karena itu, nilai di atas sebaiknya tidak digunakan untuk menentukan apakah perbedaan antara pengujian duplikat dari material khusus adalah lebih besar dari yang diharapkan. Nilai-nilai ini disediakan untuk memungkinkan pengguna yang potensial dari cara uji ini untuk evaluasi, dalam istilah umum, manfaatnya untuk aplikasi yang dianjurkan.

## 12.2 Penyimpangan

Prosedur dalam cara uji ini untuk mengukur sifat tarik yang tidak mempunyai penyimpangan sebab sifat tarik hanya dapat didefinisikan dalam istilah dari suatu cara uji.